林产化学加工工程学科的起源、形成与发展

左宋林[1]，宫新栋[2]，王飞[1]，魏玲玲[3]

（1. 化学工程学院，南京林业大学； 2. 发展规划与学科建设处，南京林业大学 ；江苏 南京 210037；3. 浙江农林大学，浙江 杭州 311300）

摘 要：本文从学科科学的基本观点，分析了过去 100 多年来化学、化工、生物化学等基础学科对森林植物资源化学利用理论和技术发展的影响，阐述了林产化学加工学科的起源、形成和发展历程。在此基础上，提出现代林产化学加工工程学科是以森林植物资源为研究对象，以化学和生物化学为学科基础，合成和制备生物质新能源、化学品和功能材料的理论知识、方法和技术体系。最后，论文讨论了现代林产化学加工工程学科在理论知识和技术上面临的主要挑战。

关键词：林产化学加工工程；学科;生物质化工

Origin, Formation and Development of Discipline of Chemical Processing Engineering of Forest Products

Songlin Zuo, Xindong Gong, Fei Wang, Ping Yang

([a]College of chemical Engineering，Nanjing Forestry University, Nanjing, China, 210037; [b]Division of Development Planning and Discipline Development, Nanjing Forestry University, Nanjing, China, 210037)

Abstract: This paper introduced the origin, formation and development of the discipline of chemical processing engineering of forest products by analyzing the effect of the fundamental disciplines of chemistry, chemical engineering and biology on the scientific theory and technology development in the area of chemical utilization of forestry plant resources in terms of the basic concepts of discipline science in the past more than 100 years. On these basis, we proposed the idea of the modern discipline of chemical processing engineering of forest products, and elucidated that this modern discipline is concerned with a scientific system of theories and technologies on utilization of forest plant resources by two main approaches of chemistry and bio-chemistry aiming to synthesize and prepare biomass-based energy source, chemicals and functional materials. Finally, we discussed the scientific and technological challenges that the modern discipline of chemical processing engineering of forest products is predominantly faced with in the future.

Key words: Chemical processing engineering of forest products; Discipline; Biomass chemical engineering

林产化学加工工程是林学与化学、化工等学科结合产生的学科。在我国的 20 世纪 40 年代，新中国第一任林业部部长梁希先生分别在浙江大学和中央大学开创了林产资源化学加工利用研究方向。上世纪 50 年代，以梁希先生创建的森林化学研究室为基础，南京林业大学首次设置了林产化学加工专业研究方向，开启了中国林产化学加工工程学科建设的

序幕，为我国国民经济建设做出了重要贡献。在新中国成立之初，我国在煤、石油等化石资源的开采和加工利用方面的技术还非常薄弱，燃料和化学品非常紧缺，林产化学加工工程学科为我国利用丰富的森林资源获得急需的化工产品做出了重要贡献，林产化工也发展成为我国的主要产业。在此情况下，林产化学加工工程得到高度重视，不断发展。20 世纪 80 年代，我国已形成了以林产原料的化学加工利用为主要内容的林产化学加工工程学科。

在 20 世纪 80 年代末和 90 年代初期，我国已具备了较完整的石油、煤和天然气化工产业链和技术体系，能够为我国的经济建设和人们生活提供了较丰富的物质资料。石油、煤和天然气化工具有规模大、原料利用效率高、集成化技术水平先进等显著特点，而林产化工在生产规模、产品类别和资源利用效率等方面处于明显的劣势，导致林产化工产业发展的动力明显不足。因此，在 20 世纪 90 年代后半期至本世纪初，我国林产化学加工工程学科的建设和发展停滞不前，人才流失严重，大大削弱了林产化学加工工程学科的发展力量。在 20 世纪 90 年代末，由于随着石油和煤等化石资源的大量消耗以及环境的不断恶化，作为地球上唯一可为人类生存和发展提供生产燃料、化学品等产品的可再生原料——生物质资源，受到世界各国政府和科技工作者的高度重视，相继投入了大量人力、财力和物力研究开发生物质资源的加工利用。因此，在 21 世纪，以林产资源生物质为加工对象的林产化学加工工程学科也迎来前所未有的发展机遇，焕发出巨大的生机和活力，许多新理论、新方法、新技术不断涌现，学科内涵和支撑的产业范围不断扩大，在科技创新领域中影响力不断增强。

在这一背景下，传统林产化学加工工程学科向哪些方向发展、如何发展等基本问题受到广泛关注。到目前位置，这些问题仍然没有争议不断，形成共识，影响了学科的持续健康发展。国际上，也没有对应的林产化学加工工程学科可供学习和参考。笔者根据在林产化学加工工程学科建设过程中所进行的思考、实践和认识，从与化学、化工、生物化学等基础学科之间的关系角度，根据学科科学的基本观点，分析林产化学加工学科的起源、形成和发展过程，阐述林产化学加工工程学科的研究对象、理论知识和技术体系以及支撑的产业领域的变化，为现代林产化学加工工程学科的发展提供新的认识和基础。

1. 林产化学加工工程学科的起源、形成与发展

1.1 木材化学的形成与发展

在自然科学、社会科学与技术的发展历程中，逐渐形成了许多门类的学科。根据科学技术发展史和教育学的观点，学科的本质属性是一种知识的分类，是由具有一定逻辑联系的知识范畴所组成的知识体系[1]，它的内涵包括三大要素：科学研究对象、科学研究方法

和科学理论体系[2]。因此，可以认为，林产化学加工工程学科的起源是在人类生存与发展过程中，人们不断探索和利用与其生活息息相关的森林资源而逐渐形成的科学理论、方法和技术体系。

人类利用木材燃烧所产生的热量进行取暖、烧烤加工食物、防御是人类化学利用森林资源的开端，利用木材的炭化生产木炭也已有几千年的应用历史，在人类的生存和发展过程中都起着非常重要的作用。自 1640 年英国的尼德兰资产阶级革命爆发之后，人类进入近代史，开启了工业革命时代。在资本主义社会，人们为了不断提高生产效率，激发其人类不断探索自然、发展科学和研发技术的热情[3]。在 18 世纪和 19 世纪期间，以物质的化学组成、结构和性质为中心的化学学科快速发展，到 20 世纪初期，以形成了原子和分子结构理论、无机化学、有机化学为主要内容的化学学科体系。同时，以化学变化为中心的化学学科的发展激发起人们认识自然界来源丰富的木材组成与结构的强烈兴趣。在这一好奇心的驱动下，人们相继科学认识到森林植物资源的主要化学组成：纤维素、半纤维素和木质素。1719 年，法国科学家 Réaumur 就提出在木材中提取纤维的想法；1830 年，法国农业化学家 Anselme Payen 首先采用硝酸处理木材分离得到纤维素[4],其结构式（$C_6H_{10}O_5$）$_x$ 在 1913 年最终得到确认。同时，Anselme Payen 认为在木材中还存在镶嵌于纤维素之间的物质，提示了木质素存在的可能性；1857 年，F. Schulze 将这种高碳含量的溶出物命名为“木质素(Lignin)”；被称为“木质素化学之父”的瑞典科学家 P. Klason 于 1897 年总结了前人的研究成果，并发现松柏醇与亚硫酸氢盐反应时，可生成磺酸盐，其性质与木质素磺酸盐相近，从而推测松柏醇与木质素有密切关系，提出了木质素是高分子物质的假说[5]。半纤维素则是 1891 年 F.Schulze 提出，用来表示植物中能够由碱液抽提得到的多糖[4]。木材中纤维素、半纤维素和木质素组分的发现以及结构确定，为以糖类化学和木质素化学为核心内容的木材化学的形成与发展奠定了坚实基础[6]。

值得指出的是，木材高分子组分的探索与研究原始动力，除来源于人们对于自然界物质的化学组成与结构的科学兴趣以外，还有就是制造用于传播人类文明需要的纸张的技术需要。这种需求催生了各种纤维素和木质素的分离技术，如二氧化氯法、氯化法和亚氯酸钠法，形成了工业化的制浆理论和技术，成为现代制浆造纸工业的技术来源。同时，纤维素的分离和化学上的研究，导致了包括硝酸纤维素、醋酸纤维素、人造丝和玻璃纸等纤维素衍生物的生产，成为近代纤维工业的先驱[7]。因此，可以看出，以森林植物资源的木材组成与结构为中心的木材化学理论与技术的发展，催生了制浆造纸与纤维素工业，为工业进步和科技发展做出了重要贡献。

1.2 森林化学的全面发展

20 世纪初期，在西方发达国家工业快速发展，而石油化工还处于初级发展阶段，不能够为工业快速发展提供大量而品种丰富的化学原料；另一方面，人们对木材资源组成与化学结构认识的不断深入以及相关产业不断进步，因此，科学家除关注木材的纤维素、半纤维素和木质素主要组分的化学结构与性质外，也对树木中的其它少量组分，包括各类木材的树叶、树皮含有的化学物质以及各种次生代谢产物的组成、结构、性质充满兴趣，并期待从这些种类繁多的原料中开发出具有价值的化学品和材料。因此，通过几十年的不断研究，逐渐认识掌握了松香、松节油、栲胶、紫胶、生漆、植物油脂、各种组织和器官中的提取物的组成与化学结构，形成萜类化学、单宁化学、天然产物化学等各类化学分支，发展了这些原料的提取、分离纯化和改性方法和技术，发展了相关产业[8, 9]。在 1949 年新中国成立之前，著名林学家梁希先生分别在浙江大学和中央大学成立了森林化学研究室，为这些森林资源化学利用做出了奠基性的工作。可以认为，这些森林资源中的非木质成分化学的形成与发展为人类认识森林资源的化学组成、结构和性质提供了更加全面的知识和技术体系。同时，利用干馏技术将木材等森林资源转化为木醋液、木焦油和木炭等产物，以及这些产物的化学组成和应用方面的研究也得到不断发展，成为木质资源热化学的主要内容，并逐渐发展成为热解、炭化、热解气化与液化理论与技术，成为木质组分化学的重要组成部分[9]。值得指出的是，对非木质资源组成、结构和性质的掌握以及相关分离纯化技术的发展是与同时期石油化工技术的快速发展密不可分。石油组分的分离以及蒸馏、精馏与合成技术的发展为这些非木质资源小分子物质的分离分析研究提供了理论和技术基础。

1.3 林产化学加工工程学科的形成

从以上分析可以看出，通过近一个世纪的研究探索，人们建立起了森林资源的木质成分化学与非木质成分化学。笔者认为，以森林植物资源为研究对象的森林植物资源化学是木质组分化学和非木质组分化学两部分组成的一个较为完整的科学理论体系。森林植物资源组分的分离、纯化改性以及利用方法、技术构成了森林资源化学利用的方法和技术体系。它们一起构成了具有一定逻辑联系的知识技术体系，形成了林产化学加工工程学科。从以上分析我们也可以看出，森林资源化学利用是随着有机化学、物理化学和高分子化学的发展和成熟，以及有机化工和石油化工等技术的发展而逐渐发展起来的，因此，林产化学加工工程学科的形成与发展是与化学和化工的发展密不可分的。也可以认为，林产化学加工工程学科是化学和化工学科在森林资源利用实践过程中产生的成果。

2. 现代林产化学加工工程学科的内涵

2.1 学科研究对象

如前所述，教育理论认为学科包括研究对象、研究方法以及科学理论体系。作为应用性较强的学科，技术体系也是其主要的学科知识构成要素。研究对象是指一门学科独特的、不可替代的客体或特殊的规律[10]。毫无疑问，研究对象的确定是明晰学科的具体内涵以及发展方向的前提。目前，在我国出现的林产化学加工工程学科发展方向的争论，在某种程度上其实质是对于研究对象具有不同看法。传统林产化学加工工程学科的研究对象是林产原料，即林业的培育、砍伐和加工过程中的各种植物资源，主要包括松脂、紫胶和生漆等树木分泌物，天然精油、栲胶等提取物，木材、竹材及其采伐和加工的剩余物[9]。研究范畴主要是以天然树脂为原料的林产精细化学品的合成与改性，木材中次生代谢产物的提取、分离、纯化与改性，以木材热解为基础的木材干馏、木炭与活性炭的制备与生产，以糠醛为主要产物的植物水解技术，以及以制浆造纸为主要目的植物纤维提取、利用和改性技术。其中以树木中小分子组分的分离、纯化和改性为重点，其产品主要包括胶黏剂、香精香料、多酚类化合物等林产精细化学品以及木炭与活性炭等工业产品的制备。甚至过去曾一度狭隘地把林产化学加工工程学科简单理解为松脂、栲胶和活性炭等原料与产品，非常不利于理解和掌握林产化学加工工程学科的科学本质属性。

从整个树木或竹林来看，不仅包括木材、竹材以及藤类植物的木质部，它们的主要化学组成都是纤维素、半纤维素和木质素；而且其叶子、皮、根、次生代谢产物、生理分泌物与油脂等也是森林植物资源的重要化学组成部分。不管这些资源是否来源加工过程，从化学组成的观点来看，它们都没有本质的区别。对于化学加工过程中，原料的组成、结构是决定化学加工的原理、方法、技术和效率的主要因素，因此，将森林植物资源作为林产化学加工工程学科的研究对象更为科学和清晰。

更为重要的是，将森林植物资源作为林产化学加工工程学科的研究对象有利于发挥化学学科、生物化学学科在林业资源高效利用的基础作用，促进林产化工产业的发展。按照以往的解释，林产原料是林业培育、加工和经营过程中所生产的资源，是林业产业的下游，这也是把林产化学加工工程规定为林业工程的一个二级学科的基本依据，仅仅把林产化工产业看作是林业产业的一个分支。从原料来源和化学组成来看，林产原料与森林植物资源基本相同，其化学利用所运用的理论知识和技术体系也必然相同，因此，人为将林产资源与森林植物资源割裂开来，把林产原料作为一个独立的整体进行研究和开发，在科学上是没有必要的。如果现代林产化学加工工程学科的研究对象还还局限于林产原料或资源，林

产化工产业的转型升级就会遇到许多观念上的障碍，不利于林产化工产业的发展壮大以及林产化学加工工程学科在现代生物质科学与技术、新兴生物质产业中发挥核心作用。

2.2 研究方法

对于学科的研究方法，现代林产化学加工工程的显著变化是生物化学在森林植物资源的基础化学和转化过程的大量运用。在 20 世纪下半叶，生物化学理论和技术快速发展，显著促进了人类对于各种生命体的理解与认识，推动了资源的生物化学转化技术以及相关产业的快速发展。生物化学理论与技术在包括森林植物资源在内的各类生物质资源中应用是由这些可再生资源的组成与性质所决定的。

表 1 生物质与石油、煤和天然气的化学组成和性质

化学组成与特性	生物质	石油、煤和天然气
原料形态	固体（结晶和无定形区）	固体、液体、气体
原料结构	复杂	较复杂或单一
元素组成	C，H，O	C，H
生物相容性	好	差
生物可降解性	可以	难或不能
加工使用的主要溶剂	水或有机溶剂	有机溶剂
挥发性	差	好

我们对比了以森林植物资源为代表的生物质与煤、石油与天然气等化石资源的主要化学组成与性质，如表 1 所示。从表 1 可以看出，与煤、石油和天然气相比，生物质原料除含有碳和氢元素外，还含有大量的氧元素，从而大大增加了原料的亲水性、生物相容性和生物可降解性，为森林植物资源为代表的生物质的生物转化提供了可能。因此，生物质原料的化学加工利用不仅可以采用石油、煤和天然气加工利用所使用的化学化工方法，而且可以采用生物化学加工的新方法；生物质原料的加工可以大量使用无毒无害的水作为化学反应的溶剂，大大减少或甚至不需使用易燃、易挥发和有毒的有机溶剂。石油、煤和天然气化石原料由于生物相容性差、生物毒性大，基本不能采用生物化学加工的方法。从现代化工与生物化工紧密结合的现状与趋势也可以看出，传统化学转化和生物化学转化是生物质资源化学转化过程的必然选择。从资源的角度来看，石油、煤和天然气的化学加工利用与生物质化学加工将是化工领域的两大主要化工体系。在工业化进程中，首先出现的是人

类高度依赖石油、煤和天然气等化石资源的时代，未来必然出现两者并存或者以生物质化工为主的时期。毫无疑问，以森林植物资源为研究对象的林产化学加工工程学科也必将发展成为以传统化学加工方法和以生物化学加工方法为两大体系的知识和技术体系。完全可以相信，传统化学方法和生物化学方法以及它们的结合是以森林植物资源为研究对象的林产化学加工工程学科发展的必然趋势。

2.3 技术体系和服务的产业

在学科体系中，新的研究方法必然带来新理论和新技术，丰富和发展林产化学加工工程学科的内涵。在我国，传统林产化学加工工程学科已经建立起了以传统化学化工为基础，以林产原料的提取纯化、改性和利用、合成日常化学用品和工业精细化学品等为主要内容的较为完整的知识技术体系。从基础理论和技术体系来看，它是化工的重要分支，已为我国林产化工产业发展、林业资源的高效利用和缓解我国建国初期石油、煤和天然气资源及其加工产品紧缺的困难局面做出了重要贡献。随着传统化学方法和技术的不断发展和应用，生物化学和生物化工理论与技术在森林植物资源转化方面的利用和深化，森林植物资源的木质组分和非木质组分的化学利用技术将越来越丰富。进入 21 世纪以后，以森林植物资源的化学和生物化学转化为核心的新技术快速发展，形成了将森林植物资源转化为新能源、生物基化学品和生物基功能材料的发展态势，并成为支撑新能源、新医药和新材料等领域的重要科技力量，在科技技术发展和产业支撑方面发挥着越来越重要的作用。为简单起见，笔者将传统林产化学加工工程所涉及的各类精细化学品也归纳为生物基化学品种类。因此，作为现代林产化学加工工程学科所涉及的生物基化学品可以分类为由高聚糖和木质素转化衍生制备的各类脂肪族和芳香族化合物，以及提取森林植物原料得到的小分子组分及其合成转化得到的各类精细化学品。这样，现代林产化学加工工程学科可以概况为合成生物质能源、化学品和功能材料的理论知识、方法和技术体系。

3. **林产化学加工工程学科是生物质化工的基础和核心**

生物质是地球上唯一的可再生含碳资源，由于石油和煤等化石资源的大量开采和利用，生态环境不断恶化等问题，生物质资源的化学利用必将受到人类社会的高度重视和关注。生物质是指通过光合作用合成产生的各种有机体。广义的生物质包括所有的植物、微生物以及以植物、微生物为食物的动物，以及植物和动物加工利用与生产产生的剩余物和废弃物，如木材、农作物、农作物废弃物和剩余物、木材加工剩余物、动植物油脂和动物粪便。狭义的生物质概念则不包括动物，主要是农业生产过程中除粮食、果实以外的秸秆、林业中的树木、竹子、农林废弃物、加工剩余物以及农产品加工业下脚料等物质。总之，生物

质不仅包括最原始形态的生物质原料，而且还包括它们在生长、采伐和加工利用过程中产生的各种分泌物、剩余物和废弃物。

生物质化学加工利用的主要目的是发展生物质能源、生物质化学品和生物质功能材料，且它们有望发展成为影响经济发展的重要产业支柱和新兴战略产业。随着人们逐渐认识到生物质加工利用在社会经济发展方面所具有的重要意义，以木材、竹材等森林植物资源的化学加工利用为核心内容的林产化学加工工程学科的研究对象或范畴也必然发生变化。事实上，进入 21 世纪以后，林产化学加工工程学科的研究对象已由林产原料发展到森林植物资源，甚至拓展到农作物秸秆及其加工剩余物等更广泛的生物质资源种类。从科学和技术内涵来看，由于秸秆和木材、竹材的化学组成基本相同，因此，秸秆类的农业资源利用与木材等林业资源的利用没有本质区别，它们适用于同样的知识和技术体系。可以说，以森林植物资源为研究对象的林产化学加工工程学科是关于生物质化学加工利用的知识和技术体系，是构建生物质化工的核心，是发展生物质能源、生物质化学品和生物质材料等生物质化工领域的主要科技支撑。明晰现代林产化学加工工程学科内涵与以生物质能源、化学品和材料为主要内容的生物质科学技术体系之间的关系，理解它对新能源、新医药和新材料等新兴战略产业的基础性科技支撑作用，将非常有利于加速现代林产化学加工工程学科的发展，解决目前在制定林产化学加工工程学科发展规划过程中经常遇到的难题。

4. 发展现代林产化学加工工程学科的挑战

4.1 森林植物资源的高效分离理论与技术

化学利用的基础和前提是掌握原料的组成成分和相应的分离技术。从石油化工的发展历程可以清晰看出，研究掌握石油资源的各种主要组分，并发展相关理论和技术将这些组分进行有效分离，从而产生了石油炼制产业，这是石油化工发展的基础与前提[3]。众所周知，从组成上来看，除含有少量的低分子量组分（通常少于 10%）外，森林植物资源主要是由纤维素、半纤维素和木质素等生物高分子构成。其中的低分子量组分可以采用溶剂萃取的方式，以固液分离的方式将它们从森林植物原料中抽提出来，采用较为成熟的化学化工理论技术可以有效实现这些成分分离和分析，并将它们进一步改性利用。这些传统的化学化工理论技术主要是在煤、石油和天然气等化石原料的化工利用过程中发展起来的。

然而，森林植物资源中的纤维素、半纤维素和木质素等高分子组分，不挥发，通常也不能溶解于溶剂中。更为困难的是这些生物高分子所构成的细胞壁结构坚固、不可溶解或融解，难以直接分散；且细胞壁中存在结晶区和无定形区，原料的均匀性和可渗透性都很差。这给细胞壁中高分子组分的分离和分析造成了巨大障碍。100 多年前，人们就投入了

巨大的热情和精力开展了木材的纤维素和木质素组分的分析和分离研究工作，制浆造纸理论技术和产业的发展是这些努力所结出的果实。通过长期不解的努力，我们已经发展了很多的木材等森林植物原料组分分离方法，如酸、碱水解、生物化学处理、机械化学处理等方法，它们已经能够实现纤维素、半纤维素和木质素的部分分离。然而，到目前为止，我们还无法将木材等森林植物资源中的纤维素、半纤维素和木质素进行完全或高效分离。毫无疑问，这是林产化学加工工程发展的主要挑战之一。因此，国际上提出了生物质精炼技术，这与过去在发展石油加工利用产业过程中提出石油精炼概念的背景类似。笔者认为，森林植物资源的精炼内容应该包括细胞壁中的纤维素、半纤维素和木质素的高效分离，与小分子组分的提取分离纯化与鉴定两部分内容，前者还需要继续付出巨大的努力，后者已较为成熟，它们都是构成现代林产化学加工工程学科的理论知识和技术体系的主要组成部分。

4.2 构建森林植物原料组分的化学转化与绿色分离技术体系

在森林植物资源组分中，除部分的少量低分子量组分具有易挥发和溶于有机溶剂等特点外，纤维素、半纤维素和木质素的降解产物以及部分低分子量组分，它们都溶于水，因此，这些物质的化学转化通常是选择水作为溶剂，反应是在水相中进行。由于石油、煤和天然气及其化学反应产物的亲油性以及高挥发性，因此石油、煤和天然气及其组分的化学转化主要是在以有机溶剂液相和高温气相中完成。可以预见，植物资源的许多化学转化将在水相中进行，与石油等资源在有机相中或气相中完成的有机合成和转化过程相比，水相有机合成是一种绿色合成技术。催化是化工技术的核心，因此，需要研制适用于水相的生物质组分化学转化的催化剂体系，并研制相应的工艺和设备。

同时，森林植物资源的主要组分以及化学转化产物通常都含有较多的氧原子，不仅挥发性较差，而且化学稳定性和热稳定性都较差。然而，我们过去的有机化工分离技术是以围绕石油、煤和天然气及其转化产物为基础建立起来，由于它们大多是以有机溶剂为基础，因此蒸馏和精馏成为了最常见的化工分离技术。这些化工分离原理和技术在许多情况下不能应用于生物质化工领域，尤其是它们的生物化学加工还涉及微生物或生物酶的分离，情况更加复杂。在化工生产过程中，产物的分离与精制是影响产品质量和生产成本的关键技术。毫无疑问，发展适用于森林植物资源化学转化利用的新型分离精制技术，如膜分离技术，是构建现代林产化学加工工程学科知识和技术体系的主要内容，这也是发展生物质化工的必然选择。

4.3 森林植物资源中小分子资源的高值化转化理论与技术

以传统的化学和化工技术为基础，通过长期的研究，已经建立了较完整的森林植物资源小分子化学成分的分类、性质、改性和应用等方面的知识和技术体系。然而，森林植物资源小分子组分的改性和应用，通常会遇到来自石油、煤和天然气为原料所合成的相关小分子化学产品的竞争，而这些化石资源合成制备的产品通过具有规模大、成本较低等优点。为了更好发展林产化学加工工程学科，需要继续挖掘、开发森林植物资源的小分子化学资源，研发新的转化技术，生产性能优异或独特的高附加值天然精细化学品、医药中间体和天然药物；利用新的合成技术，合成生产具有独特结构和优异性能的天然产物。从而为现代林产化学加工工程学科的发展不断注入新的活力和动力。

4.4 与新理论、新技术和新学科的不断融合

从前面的分析可知，传统林产化学加工工程学科是传统的化学化工理论和技术运用于森林植物资源的转化利用过程中形成与发展起来的。生物化学与生物化工理论技术与传统林产化学加工工程学科的深度融合促进了现代林产化学加工工程学科的形成和发展。我们不仅需要继续高度重视生物化学理论技术、基因技术在森林植物资源转化过程中的运用，提高资源的化学转化水平和效率；而且需要不断结合森林资源、化学、生物化学相关学科的新理论、新技术，要主动融合新能源、新材料、新医药、纳米科学理论与技术等新兴学科。同时，我们也不能忽视人工智能技术和互联网技术等新工科对现代林产化学加工工程学科的影响。只有通过融合，不断发现、发掘新的方向，才能使林产化学加工工程学科不断焕发新的活力。

5. 结束语

在生物质化工快速发展的时代，林产化学加工工程学科在科技进步和社会经济发展过程中的作用和影响力将不断加强。现代林产化学加工工程学科将以森林植物资源为研究对象，采用化学和生物化学的加工方法，合成和制备生物质能源、化学品和功能材料，不断丰富以生物质能源、化学品和功能材料为主要内容的理论、方法、原理、工艺、设备等理论知识和技术体系，为现代新能源、新材料、新医药和新农业的发展提供科技支撑。

从林产化学加工工程学科的产生、形成与发展历程来看，林产化学加工工程学科是一个化学、化工、生物化学和生物化工等基础学科与森林资源化学利用之间不断交叉融合的发展过程。在林业院校和研究所建设林产化学加工工程学科，尽管在森林资源相关学科建设方面具有良好的基础，但需要高度重视林学学科与林产化学加工的不断融合，尤其是需要高度重视化学化工、生物化学化工学科的建设，不断夯实林产化学加工工程的学科基础，进一步增强学科的发展后劲，才能适应新能源、新材料和新医药等领域对学科提出的要求。

因此，可以理解，目前化学化工、生物化工学科势力强的科研院所在林产化学加工工程学科的相关领域已经做出了很多出色的工作，显著促进了林产化学加工工程学科的发展；当然这些科研院所也存在对森林资源化学理论与技术了解不够等问题。因此，林业院校建设林产化学加工工程学科也需要高度重视与其他科研院所的合作和协作，推动林业院校的林产化学加工工程学科进入新的发展历史阶段，这也体现了石油、煤和天然气化工与生物质化工并存时代对林产化学加工工程学科建设提出的具体要求。

致谢：感谢教育部林产化工专业综合改革项目、江苏高校品牌专业建设工程项目（PPZY2015C221"林产化工"）和江苏省教育教学改革项目（JGZZ18_022）对本研究的资助

参考文献

[1]冯向东.学科、专业建设与人才培养[J].高等教育研究, 2002，23（3）：67-71。

[2] 孙绵涛.学科论[J].教育研究,2004(06):49-55.

[3]凌永乐. 化学工业发展简史[M]. 北京：科学技术文献出版社，1985，p26

[4]James P. Casey. Pulp and paper chemistry and chemical technology (Third Edition) [M]. Awiley-Interscience Publication, 1980.Volume 1,1-40

[5]李忠正. 可再生生物质资源--木质素的研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版. 2012,36(1):1-7

[6] Sjöström E． Wood Chemistry [M]. New York: Academic Press，1981．

[7] 詹怀宇.纤维化学与物理[M].北京：科学出版社，2005

[8] 南京林业大学主编. 林产化学工业手册[M].北京：中国林业出版社，1980

[9] 左宋林.林产化学工艺学. 北京：中国林业出版社，2019

[10] 谭荣波.“源”与“流”:学科、专业及其关系的辨析[J].教育发展研究,2002(11):114-116.